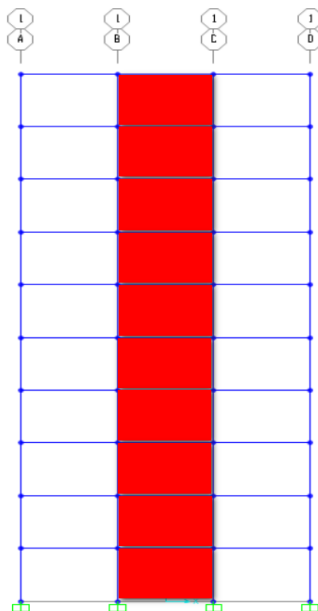


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## طراحی دستی دیوار برشی فولادی

### ۳-۶- طراحی دیوار برشی فولادی

برای طراحی دیوار برشی فولادی، یک ساختمان ۱۰ طبقه واقع در شهر تهران در نظر گرفته شده است. شکل (۳-۲۰). در این پلان در هر راستا ۲ دیوار برشی فولادی قرار گرفته است عرض بارگیر ۶ متر در نظر گرفته شده است. مشخصات ساختمان مذکور در جدول ۳-۳ آورده شده است. ارتفاع هر طبقه ۳۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است. برای تمامی اعضای سیستم لرزه‌ای از فولاد St37 با مقاومت تسلیم ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع استفاده شد. برای محاسبه بار ثقلی از ترکیب بار  $1.2D+0.5L$  استفاده شد. در نتیجه وزن هر یک از طبقات ۱ تا ۹ برابر است با  $495966/4$  کیلوگرم و وزن طبقه بام برابر با  $398133/2$  کیلوگرم است و در نتیجه وزن کل ساختمان برابر با  $4861830/8$  کیلوگرم می‌باشد.



شکل ۳-۲۰- مشخصات قاب طراحی

جدول ۳-۳- مشخصات ساختمان ۱۰ طبقه

| مشخصات  |                         |
|---------|-------------------------|
| 0.35    | شتاب مبنای طرح (A)      |
| 1       | ضریب اهمیت (I)          |
| 8       | ضریب رفتار (R)          |
| 0.673   | زمان تناوب (t)          |
| 2.75    | ضریب بازتاب ساختمان (B) |
| III     | نوع خاک                 |
| 0.12031 | ضریب زلزله (C)          |

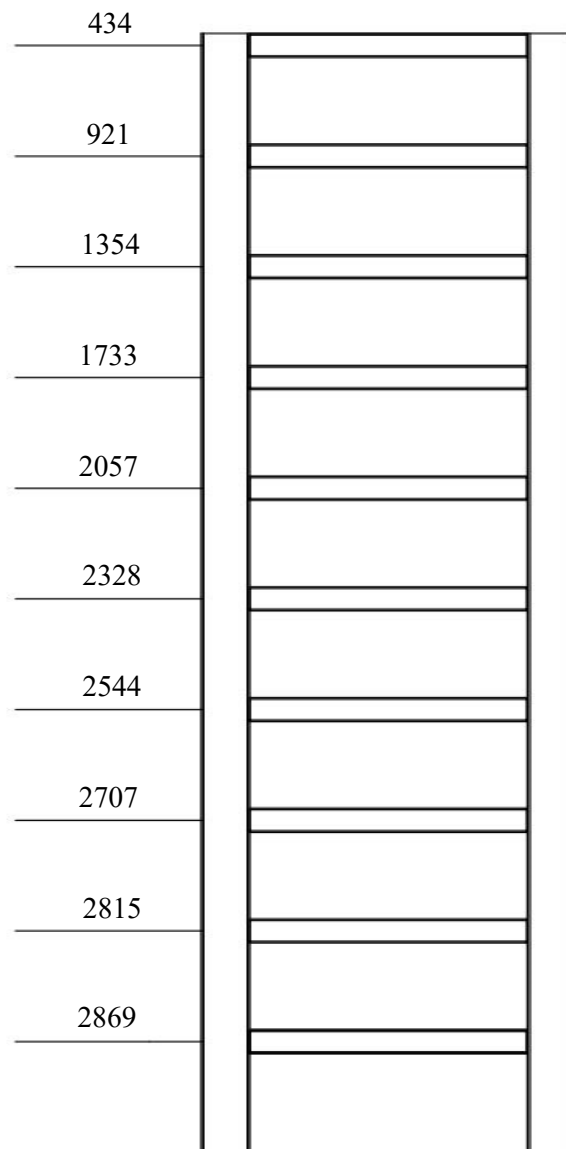
در این پژوهش SPSW-1 طراحی و موردبررسی قرار گرفت. برای طراحی اولیه باید نیروی برشی در هر طبقه تعیین شود. در جدول ۳-۴ نیروی برشی برای هر طبقه محاسبه شده است. در شکل ۳-۲۱ توزیع نیروی برشی در طبقات نشان داده شده است. این میزان نیروی برشی اساس محاسبات اولیه مقاطع و مشخصات هندسی سیستم دیوار برشی فولادی است.

جدول ۳-۴ نیروی برشی در هر طبقه

| طبقه | $F_i$ (kN) | $V_i$ (kN) |
|------|------------|------------|
| 10   | 869        | 869        |
| 9    | 974        | 1843       |
| 8    | 866        | 2708       |
| 7    | 757        | 3466       |
| 6    | 649        | 4115       |
| 5    | 541        | 4656       |
| 4    | 433        | 5089       |
| 3    | 325        | 5414       |
| 2    | 216        | 5630       |
| 1    | 108        | 5738       |

### ۳-۶-۱- طراحی اولیه ورق فولادی

در طراحی اولیه از آنجایی که ابعاد هندسی تیرها و ستون‌ها مشخص نیست، لذا فرض می‌شود که صفحه جان در هر طبقه در برابر برش کل آن طبقه مقاومت نماید. به دلیل اینکه زاویه میدان کششی در صفحه جان به مشخصات سطح مقطع تیر و ستون، ضخامت صفحه جان و ابعاد قاب وابسته است، لذا زاویه میدان کششی در طراحی اولیه فرض می‌شود. طراحی‌های معمول نشان می‌دهد که مقدار زاویه میدان کششی در محدوده ۳۰ تا ۵۵ درجه متغیر است [۴۴]. لذا در اینجا زاویه  $\alpha$  برابر ۴۰ درجه فرض می‌گردد. بر اساس این زاویه فرضی، ضخامت اولیه ورق جان با مساوی قرار دادن برش پایه حاصل از تحلیل استاتیکی با مقاومت موردنیاز صفحه جان به دست می‌آید. لذا مقدار ضخامت موردنیاز صفحه جان بر اساس رابطه ۳-۳۲ می‌باشد.



شکل ۳-۲۱- توزیع نیروی برشی در طبقات (KN)

$$V_u = \phi 0.42 F_{y(\text{plate})} t_w L_{cf} \sin 2\alpha \quad (32-3)$$

در این رابطه  $F_{y(\text{Plate})}$  تنش تسلیم فولاد،  $t_w$  ضخامت ورق فولادی،  $L_{cf}$  طول مفید ورق فولادی و  $\alpha$  زاویه تشکیل میدان کشش قطری نسبت به محور قائم می‌باشد. که بر اساس این رابطه حداقل ضخامت ورق فولادی از رابطه ۳-۳۳ قابل محاسبه است.

$$t_w \geq \frac{V_u}{\phi 0.42 F_{y(\text{plate})} L_{cf} \sin 2\alpha} \quad (33-3)$$

همان‌طور که قبلاً ذکر گردید  $V_u$  مقاومت برشی موردنیاز بر اساس روش LRFD و  $\phi$  ضریب ایمنی می‌باشد که طبق آیین‌نامه AISC341 برابر ۰/۹ پیشنهاد شده است. لازم به ذکر است که در رابطه فوق  $L_{cf}$  طول خالص صفحه ورق می‌باشد که با توجه به اینکه در این مرحله فعلاً ابعاد ستون مشخص نیست، لذا در رابطه فوق  $L_{cf}$  برابر طول دهانه یا همان  $L$  در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه زاویه میدان کششی قطری نیز وابسته به مشخصات قاب و ورق فولادی در هر طبقه است، لذا بایستی فرضیاتی برای به دست آوردن ابعاد اولیه لحاظ شود. ضخامت موردنیاز برای ورق فولادی در طبقه اول برابر با رابطه ۳-۳۴ است. سایر مقادیر ضخامت‌ها در طبقات دیگر در جدول ۳-۵ ارائه شده است [۴۴].

$$t_w = \frac{292.5 \times 10^3}{0.9 \times 0.42 \times 2400 \times 600 \times \sin(2 \times 40)} = 0.54 \text{ cm} \quad (3-34)$$

جدول ۳-۵ محاسبه ضخامت ورق فولادی در هر طبقه

| ضخامت مورد استفاده<br>(mm) | $\alpha$ | $V_i$ (KN) | طبقه |
|----------------------------|----------|------------|------|
| 1                          | 40       | 434        | 10   |
| 2                          |          | 921        | 9    |
| 3                          |          | 1354       | 8    |
| 3.5                        |          | 1733       | 7    |
| 4                          |          | 2057       | 6    |
| 5                          |          | 2328       | 5    |
| 5                          |          | 2544       | 4    |
| 5.5                        |          | 2707       | 3    |
| 5.5                        |          | 2815       | 2    |
| 5.5                        |          | 2869       | 1    |

بر اساس ضخامت انتخابی مقاومت برشی طراحی صفحه بر اساس ضخامت انتخابی  $(\phi V_n)$  و نسبت تقاضا به ظرفیت  $\frac{V_u}{\phi V_n}$  در جدول ۳-۶ ارائه شده است.

جدول ۳-۶ مقایسه نسبت تقاضا به ظرفیت در طبقات مختلف

| طبقه | ضخامت ورق<br>انتخابی (mm) | $\phi V_n = 0.42 F_y t_w L_{cf} \sin(2\alpha)$<br>(kN) | $V_u$<br>(kN) | $(\frac{V_u}{\phi V_n})$ |
|------|---------------------------|--------------------------------------------------------|---------------|--------------------------|
| 10   | 1                         | 595                                                    | 434           | 0.73                     |
| 9    | 2                         | 1191                                                   | 921           | 0.77                     |
| 8    | 3                         | 1786                                                   | 1354          | 0.75                     |
| 7    | 3.5                       | 2084                                                   | 1733          | 0.83                     |
| 6    | 4                         | 2382                                                   | 2058          | 0.86                     |
| 5    | 5                         | 2978                                                   | 2328          | 0.78                     |
| 4    | 5                         | 2978                                                   | 2544          | 0.85                     |
| 3    | 5.5                       | 3275                                                   | 2707          | 0.83                     |
| 2    | 5.5                       | 3275                                                   | 2815          | 0.86                     |
| 1    | 5.5                       | 3275                                                   | 2869          | 0.876                    |

### ۳-۶-۲- انتخاب مقاطع اولیه برای ستون‌ها

مرحله سوم، انتخاب مقاطع اولیه برای ستون می‌باشد. برای طراحی اعضای مرزی قائم در دیوارهای برشی فولادی (VBE) هر دو معیار مقاومت و سختی باید در نظر گرفته شود. از آنجایی که در این مرحله ابعاد هندسی مقطع ستون مشخص نیست، لذا بر اساس معیار سختی که بر اساس مشخصات هندسی قاب و ضخامت ورق در طبقه موردنظر می‌باشد، می‌توان حداقل مقدار ممان اینرسی مورد نیاز مقطع ستون را طبق رابطه‌ای که در ادامه می‌آید، به دست آورد. برای اینکه کشش در صفحه جان در کل ارتفاع ستون به‌طور قابل توجهی گسترش یابد، لذا بایستی سختی خمشی داخل صفحه VBE به‌اندازه‌ای باشد تا معادله ۳-۳۵ را ارضا نماید [۴۴].

$$I_c \geq 0.00307 \frac{t_w h^4}{L} \quad (۳-۳۵)$$

در معادله فوق،  $h$  ارتفاع طبقه (فاصله آکس تا آکس تیرها)،  $L$  عرض طبقه (فاصله آکس تا آکس ستون‌ها)،  $t_w$  ضخامت ورق جان و  $h$  ارتفاع طبقه برای طراحی اولیه، برابر ارتفاع کف تا کف می‌باشد. بر اساس این رابطه، مقادیر سختی موردنیاز ستون در هر طبقه و هم‌چنین مقطع ستون انتخاب‌شده برای هر طبقه در جدول ۳-۷ ارائه شده است.

جدول ۷-۳ محاسبه حداقل ممان اینرسی موردنیاز برای ستون در طبقات مختلف

| طبقه | ضخامت<br>صفحه جان<br>(mm) | مشخصات<br>پانل |          | ممان اینرسی موردنیاز<br>ستون ( $I_{c,min}$ )<br>(mm <sup>4</sup> ) | مقطع ستون     | ممان اینرسی<br>ستون انتخاب شده<br>( $I_c$ )<br>(mm <sup>4</sup> ) |
|------|---------------------------|----------------|----------|--------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------|
|      |                           | L<br>(m)       | h<br>(m) |                                                                    |               |                                                                   |
| 10   | 1                         | 6              | 3.2      | 53652139                                                           | BOX200x200x15 | 55180000                                                          |
| 9    | 2                         |                |          | 107304280                                                          | BOX250x250x15 | 109400000                                                         |
| 8    | 3                         |                |          | 160956420                                                          | BOX250x250x20 | 167200000                                                         |
| 7    | 3.5                       |                |          | 187782485                                                          | BOX280x280x20 | 216835000                                                         |
| 6    | 4                         |                |          | 214608554                                                          | BOX280x280x25 | 270795000                                                         |
| 5    | 5                         |                |          | 268260690                                                          | BOX280x280x25 | 270795000                                                         |
| 4    | 5                         |                |          | 268260690                                                          | BOX280x280x25 | 270795000                                                         |
| 3    | 5.5                       |                |          | 295086762                                                          | BOX280x280x30 | 324002000                                                         |
| 2    | 5.5                       |                |          | 295086762                                                          | BOX280x280x30 | 324002000                                                         |
| 1    | 5.5                       |                |          | 295086762                                                          | BOX280x280x30 | 324002000                                                         |

### ۳-۶-۳- انتخاب مقاطع اولیه برای تیرها

در این قسمت به محاسبه مقاطع اولیه برای تیرها پرداخته می‌شود. ممان اینرسی حداقل تیر نیز طبق رابطه ۳-۴۰ تعریف می‌گردد. حداقل ممان اینرسی موردنیاز برای تیرهای طبقات مختلف در جدول ۳-۸ ارائه شده است. همچنین نسبت ممان اینرسی موجود بر حداقل ممان اینرسی موردنیاز در جدول ۳-۸ قابل مشاهده است [۴۴].

$$I_{HBE(req)} \geq 0.003 \frac{\Delta t_w L^4}{h} \quad (۳-۳۶)$$

جدول ۳-۸ محاسبه حداقل ممان اینرسی موردنیاز تیر در هر طبقه

| طبقه | ضخامت صفحه جان | اختلاف ضخامت ورق mm | ممان اینرسی موردنیاز تیر  | مقطع تیر | ممان اینرسی     |
|------|----------------|---------------------|---------------------------|----------|-----------------|
|      | (mm)           |                     | (Ib, min) mm <sup>4</sup> |          | mm <sup>4</sup> |
| 10   | 1              | 1                   | 52428800                  | IPE 300  | 83560000        |
| 9    | 2              | 1                   | 52428800                  | IPE 300  | 83560000        |
| 8    | 3              | 0.5                 | 26214400                  | IPE 300  | 83560000        |
| 7    | 3.5            | 0.5                 | 26214400                  | IPE 300  | 83560000        |
| 6    | 4              | 1                   | 52428800                  | IPE 300  | 83560000        |
| 5    | 5              | 0                   | 0                         | IPE 300  | 83560000        |
| 4    | 5              | 0.5                 | 26214400                  | IPE 300  | 83560000        |
| 3    | 5.5            | 0                   | 0                         | IPE 330  | 117700000       |
| 2    | 5.5            | 0                   | 0                         | IPE 330  | 117700000       |
| 1    | 5.5            | 0                   | 0                         | IPE 330  | 117700000       |

۳-۶-۴- به دست آوردن زاویه میدان کششی ورق در طبقات مختلف.

در مرحله اول فرض گردید که کل برش طبقه توسط ورق جان تحمل می‌گردد، حال می‌دانیم که قاب خمشی نیز سهمی در باربری جانبی خواهد داشت. تعیین زاویه میدان کششی  $\alpha$  به مشخصات هندسی قاب، مشخصات مقاطع اعضای مرزی و ضخامت صفحه جان وابسته است. زمانی که ابعاد اولیه مقاطع اعضای مرزی انتخاب می‌گردند، با استفاده از معادله ۳-۳۷ زاویه میدان کششی را می‌توان اصلاح کرد. مقدار زاویه میدان کشش قطری ورق اصلاح شده در جدول ۳-۹ آورده شده است [۴۴].

$$\tan^4(\alpha) = \frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h \left( \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360I_c L} \right)} \quad (3-37)$$

جدول ۳-۹ اصلاح زاویه میدان کشش قطری

| طبقه | $t_w$ | ستون          |                             | تیر     |                          | $\alpha$ |
|------|-------|---------------|-----------------------------|---------|--------------------------|----------|
|      | (mm)  | Section       | $A_c$<br>(mm <sup>2</sup> ) | Section | $A_b$ (mm <sup>2</sup> ) |          |
| 10   | 1     | BOX200x200x15 | 9370                        | IPE 300 | 5380                     | 41       |
| 9    | 2     | BOX250x250x15 | 12830                       | IPE 300 | 5380                     | 41       |
| 8    | 3     | BOX250x250x20 | 16980                       | IPE 300 | 5380                     | 41       |
| 7    | 3.5   | BOX280x280x20 | 18860                       | IPE 300 | 5380                     | 40       |
| 6    | 4     | BOX280x280x25 | 24580                       | IPE 300 | 5380                     | 39       |
| 5    | 5     | BOX280x280x25 | 24580                       | IPE 300 | 5380                     | 39       |
| 4    | 5     | BOX280x280x25 | 24580                       | IPE 300 | 5380                     | 39       |
| 3    | 5.5   | BOX280x280x30 | 30880                       | IPE 330 | 6260                     | 38       |
| 2    | 5.5   | BOX280x280x30 | 30880                       | IPE 330 | 6260                     | 38       |
| 1    | 5.5   | BOX280x280x30 | 30880                       | IPE 330 | 6260                     | 38       |